

文章编号: 1003-8701(2015)04-0072-06

大蒜素对藏羊瘤胃发酵及甲烷产量的影响

薛艳锋, 孙红梅, 郝力壮*, 冯宇哲, 刘书杰, 牛建章

(青海大学畜牧兽医科学院, 西宁 810016)

摘要: 本文研究了大蒜素对藏羊瘤胃液体体外培养青藏高原高寒草甸4期牧草体外发酵及甲烷产量的影响。选取2只健康、年龄相近的瘰管藏羊为瘤胃液供体, 采用体外产气法, 全年4期牧草作为发酵底物, 分别添加0、0.5%、1.0%、1.5%和2.0%的大蒜素, 筛选出最佳添加量。结果表明, 各期累积产气量随大蒜素添加量的增多均呈下降趋势, 1.5%和2.0%组均显著下降, 甲烷产量均显著降低; 对各期pH影响不显著; 大蒜素1.0%以上时, 枯草期 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度下降显著, 返青期2.0%时下降显著, 青草期无显著变化, 返青期和枯黄期0.5%和1.0%时升高显著; 大蒜素0.5%以上时, 枯草期短链脂肪酸(short chain fatty acid, SCFA)下降显著, 返青期2.0%时下降显著, 青草期无显著变化, 枯黄期1.0%以上时下降显著; 大蒜素2.0%时, 枯草期、返青期和枯黄期有机物质消化率(organic matter digestibility, OMD)下降显著, 青草期无显著变化; 大蒜素0.5%以上时, 枯草期代谢能(metabolic energy, ME)下降显著, 返青期、青草期和枯黄期均无显著变化; 各期泌乳净能(net energy of lactation, NEL)仅枯草期大蒜素为2.0%时下降显著, 其余组无显著变化。大蒜素作为藏羊日粮添加剂的适宜添加量为0.5%~1.0%。

关键字: 大蒜素; 藏羊; 体外产气技术; 发酵参数; 甲烷产量

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

Effect of Allicin on Fermentation Parameters and Methane Emissions of Tibetan Sheep

XUE Yan-feng, SUN Hong-mei, HAO Li-zhuang*, FENG Yu-zhe, LIU Shu-jie, NIU Jian-zhang

(Qinghai Academy of Animal Science and Veterinary Medicine, Xining 810016, China)

Abstract: Effects of allicin on fermentation and methane emissions of in vitro Tibetan sheep with Qinghai-Tibet Plateau alpine meadow for four periods pastures were studied in the paper. Two healthy and age closed Tibetan sheep with fistulad were used as rumen fluid donor, and in vitro technique adopted. Pastures of four periods in a year were used as substrate, and 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% and 2.0% of allicin were added to screen the optimum additive amount. Results showed that cumulative gas production in each period decreased with the increment of allicin. When 1.5% and 2.0% of allicin were added, the decline were significant, and methane emissions decreased significantly. pH value in each group was almost consistent. When more than 1.0% allicin added in withered period and 2.0% in back green period, the $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration significantly declined. It had no effect on green period, but $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration rose significantly if 0.5% of allicin added to back green period or 1.0% of allicin added to yellow period. when above 0.5% of allicin added in withered period, or 2.0% in back green period, or 1.0% in yellow period, short chain fatty acid (SCFA) declined significantly. It did not changed when added in green period. Except of green period, organic matter digestibility (OMD) declined significantly as allicin amount reach to 2.0%. When above 0.5% of allicin added in withered period, the metabolic energy (ME) decreased significantly, whereas in other three periods it was steady. When 2.0% of allicin added in withered period, the net energy of lactation (NEL) decreased significantly, whereas in other three periods it was steady. Therefore, when allicin was used as feed addi-

收稿日期: 2015-03-06

基金项目: 青海大学中青年科研基金(2011-QNY-8); 国家重点基础研究发展计划(973项目)(2012CB722906); 国家自然科学基金(31060315)

作者简介: 薛艳锋(1990-), 男, 在读硕士, 主要从事动物营养与饲料科学方面的研究。

通讯作者: 郝力壮, 男, 副研究员, E-mail: lizhuanghao1122@foxmail.com

tives of Tibetan sheep, it's optimum amount was 0.5% ~ 1.0%.

Key words: Allicin; Tibetan sheep; In vitro gas production technology; Fermentation parameters; Methane emissions.

近年来,为打开国际贸易中的“绿色壁垒”,取代抗生素的绿色饲料添加剂成为研究热点^[1]。因大蒜具有杀菌防病、促进动物生长发育^[2]等作用,逐渐作为畜禽饲料添加剂被广泛使用^[3]。另外,已有研究结果表明大蒜有效活性成分对降低反刍家畜甲烷排放效果明显^[4-5]。随着青藏高原生态畜牧业的发展,作为这一地区主要畜种之一的藏羊有机、低碳生产成为趋势。因此,采用大蒜素作为放牧藏羊补饲日粮添加剂成为备选措施之一,但缺乏相应试验证实大蒜素对藏羊甲烷排放的效果和适宜添加量。在其他反刍动物上有试验表明,体外法添加 50 mg/L (0.7% 左右) 大蒜素时,可显著抑制牦牛瘤胃甲烷生成,对瘤胃内环境影响较小^[6]。加 0.08% 大蒜素干粉促使荷斯坦奶牛泌乳性能增强,健康状况改善^[7]。添加大蒜素干粉会降低甲烷产量,使干物质消化率增加 2%^[8]。基于已有研究经验,本试验利用体外产气技术模拟藏羊瘤胃发酵,研究大蒜素不同添加量对高寒草甸 4 期牧草的发酵参数及甲烷生成量的影响,以期为大蒜素作为藏羊饲料添加剂提供基础数据依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

青海省高原放牧家畜营养与生态国家重点实验室培育基地、青海省高原放牧家畜动物营养与饲料科学重点实验室和青海省高原牦牛研究中心进行牧草营养成分测定和体外产气培养及相关指标评定。

1.2 试验材料

在三江源区核心区设置采样地,分别在 4 月份(枯草期)、6 月份(返青期)、8 月份(青草期)、10 月份(枯黄期)进行采样,挑出不可食部分,称重并记录,风干称重,粉碎过 40 目筛(1.0 mm)密封贮存备用。大蒜素购买于市售商品。

1.3 试验动物及日粮

选择健康、体重接近、同一年龄的安装有永久性瘤胃瘘管的 2 只藏羊作为瘤胃液供体,单独饲喂。试验日粮为燕麦青干草和小麦秸秆组成,全天自由采食,自由饮水,预饲 15 d 后,在正试期取晨饲前瘤胃液进行试验。

1.4 试验方法

采用体外产气技术,分别以全年 4 期天然混合牧草作为发酵底物,4 期牧草培养为 4 个单因素独立试验,底物 220 mg,另外设置空白组(仅瘤胃液和培养液),作为产气量校正。大蒜素添加水平为 0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%,每个水平设 3 个重复。通过瘤胃瘘管在晨饲前抽取藏羊瘤胃液混合后立即放入保温瓶中备用,防止微生物区系发生变化。采用 Menke 等的方法^[9]准备缓冲液,与瘤胃液以 2:1 的比例混合后,分液至对应编号的培养管内(30 mL),放入水浴(39±0.5)℃的摇床上培养 48 h。

1.4.1 产气量的记录

从培养管放入培养箱中开始计时,在 0 h、2 h、4 h、6 h、8 h、12 h、14 h、16 h、24 h、36 h、48 h 各时间点快速读数记录。及时排气并收集编号。

产气量(mL) = 该时间段内培养管产气量(mL) - 对应时间段内空白管平均产气量(mL)

1.4.2 发酵参数测定

体外培养 48 h 后,将培养管取出放入冰水混合物中停止发酵。将发酵液排到 50 mL 玻璃管内,测定 pH 值;取部分发酵液 5 mL 测定 NH₃-N 浓度^[10]。

$$\text{SCFA}(\text{mmol/L}) = 0.0222 \times \text{GP} - 0.004 \quad 25$$

$$(r^2 = 0.94)^{[11]}$$

$$\text{OMD}(\%) = 0.9042 \times \text{GP} + 0.0492 \times \text{CP} + 0.0387 \times \text{Ash} + 16.49 \quad (n = 85, r^2 = 0.93)$$

$$\text{ME}(\text{MJ/kg DM}) = 0.136 \times \text{GP} + 0.0057 \times \text{CP} + 0.000 \quad 286 \times \text{CP}^2 + 2.20 \quad (n = 200, r^2 = 0.94)$$

$$\text{NEL}(\text{MJ/kg DM}) = 0.096 \times \text{GP} + 0.0038 \times \text{CP} + 0.000 \quad 173 \times \text{CP}^2 + 0.54 \quad (n = 200, r^2 = 0.93)^{[9]}$$

其中,GP 为 24 h 净产气量(mL),CP 为粗蛋白含量(%),Ash 为灰分含量(%).

发酵气体甲烷含量测定委托兰州中科安泰分析科技有限公司进行测定。分析条件为:仪器 GC 3420(北分);检测器 FID;柱长 30 m,内径 0.53 mm,膜厚 20 μm;柱温 80℃;汽化温度 120℃;检测温度 130℃;进样量:10 μL。

1.5 数据统计分析

采用 Excel 2003 进行数据的整理,SAS 9.1 统计软件中单因素试验统计分析 Duncan 新复极差法进行多重比较,P<0.05 作为差异显著的判断标准。

2 结果与分析

2.1 4期牧草不同大蒜素添加水平在体外发酵的产气情况

48 h 累积产气量试验数据见表 1。

表 1 体外法培养 4 期牧草的累积产气量

大蒜素添加量(%)		2 h	4 h	6 h	8 h	12 h	24 h	36 h	48 h
枯草期	0	5.53±1.81	6.78±1.56	8.03±1.31	10.33±0.31	14.03±1.61	36.28±1.56	47.08±2.56	55.78±0.46
	0.5	4.02±0.56	5.92±2.46	7.82±0.16	8.12±1.23	12.87±2.31	32.62±1.52	42.38±1.01	49.57±0.34
	1.0	3.27±0.36	5.34±2.31	6.77±2.56	8.07±2.31	11.52±2.85	25.77±2.36	37.02±2.31	41.52±2.81
	1.5	2.29±0.00	4.45±0.31	6.67±0.01	8.87±0.31	12.19±1.21	22.11±0.01	32.46±1.06	38.43±1.13
	2.0	1.29±0.60	2.79±1.03	4.79±0.89	6.79±1.89	11.95±0.10	14.95±0.57	25.12±0.81	29.79±0.92
返青期	0	5.31±0.51	8.35±1.01	12.06±0.06	16.81±0.31	26.26±0.04	47.34±0.46	57.57±0.14	62.59±0.06
	0.5	8.15±0.18	11.52±0.37	15.32±0.57	19.62±0.46	28.32±0.84	48.02±0.23	58.82±0.11	64.65±0.28
	1.0	7.07±0.06	10.32±0.56	14.13±0.45	19.11±0.13	27.06±0.16	44.32±0.06	54.45±0.81	60.79±1.47
	1.5	2.12±0.11	5.09±0.83	9.79±0.41	14.18±0.31	22.62±0.18	36.12±0.01	46.55±0.23	52.67±0.04
	2.0	1.60±0.75	4.60±0.35	8.26±0.57	12.93±0.63	20.43±0.49	31.26±0.46	41.10±1.07	46.43±1.81
青草期	0	6.99±0.05	10.30±0.07	14.53±0.11	19.16±0.86	30.49±0.31	51.06±0.59	61.19±0.39	67.15±0.28
	0.5	8.82±0.81	13.39±0.01	17.07±0.21	22.32±0.18	31.36±0.31	49.37±0.63	57.02±1.18	63.71±0.78
	1.0	6.04±0.09	10.03±0.17	12.55±0.31	17.93±0.69	26.58±0.02	42.38±0.19	50.30±0.06	54.13±0.33
	1.5	7.61±0.21	11.11±0.91	15.36±0.56	20.81±0.47	30.77±0.06	39.46±0.68	49.76±1.06	53.69±0.05
	2.0	3.55±0.60	7.38±0.31	11.21±0.07	16.13±0.02	26.01±0.17	35.15±0.32	44.78±0.63	48.59±0.11
枯黄期	0	3.16±0.84	5.65±0.46	7.85±0.06	9.19±0.09	14.34±0.19	33.86±0.00	43.15±0.23	49.20±0.35
	0.5	5.12±0.01	6.62±0.81	8.95±0.07	10.72±0.27	13.61±0.01	30.09±0.35	39.93±0.02	45.62±0.78
	1.0	2.16±0.04	4.19±0.03	6.32±1.09	8.62±0.67	12.79±0.88	28.76±0.02	38.45±0.37	43.11±0.32
	1.5	1.80±0.01	3.40±0.05	5.40±0.19	7.07±0.04	11.74±0.82	22.40±0.11	31.74±0.29	37.40±0.37
	2.0	0.63±0.03	2.63±0.26	4.88±0.31	6.63±0.56	9.38±0.23	18.38±0.01	28.38±0.00	33.88±0.03

2.1.1 不同大蒜素添加量对枯草期(4月)牧草累积产气量及产气速率的影响

如图 1,发酵前 12 h,大蒜素对牧草产气量影响较小,20 h 后呈明显梯度,随着大蒜素添加量增多,产气量逐渐减小,各组间差异量较大。如图

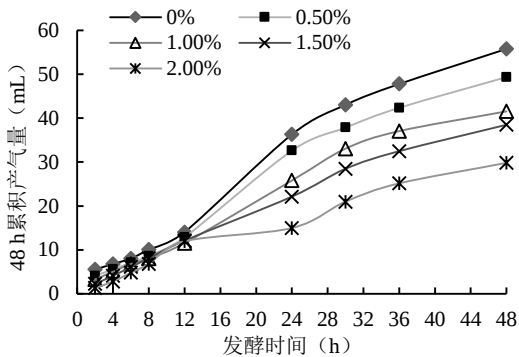


图 1 枯草期累积产气量

2.1.2 不同大蒜素添加量对返青期(6月)牧草累积产气量及产气速率的影响

返青期牧草中添加 0.5% 大蒜素后,累积产气量在 16 h 后最高。发酵 24 h 后,累积产气量无交叉变化,0 添加组>1.0% 添加组>1.5% 添加组>

2,大蒜素添加量 0~1.5% 时,枯草期牧草整体产气趋势一致,2 次产气高峰分别在 2 h 和 24 h,16~24 h 产气最旺盛,之后产气减缓并趋于平稳。添加量 2.0% 在此阶段的产气较少,整个发酵过程波动较小,无明显产气高峰段。

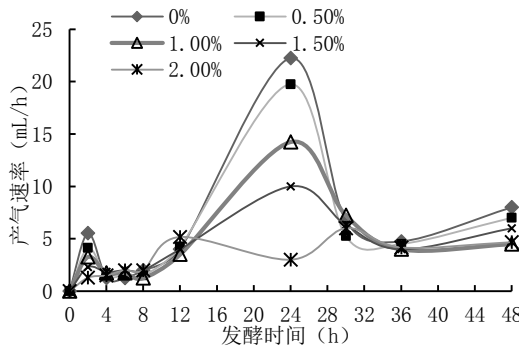


图 2 枯草期产气速率气量

2.0% 添加组,见图 3。对于返青期的整个发酵过程,同枯草期有 2 个产气峰值,但添加大蒜素 1.5% 和 2.0% 时,在发酵 2 h 未出现产气峰,但在 24 h 均达到产气峰值,这个峰值随大蒜素添加量增多逐渐减小,32 h 后趋于平稳,见图 4。

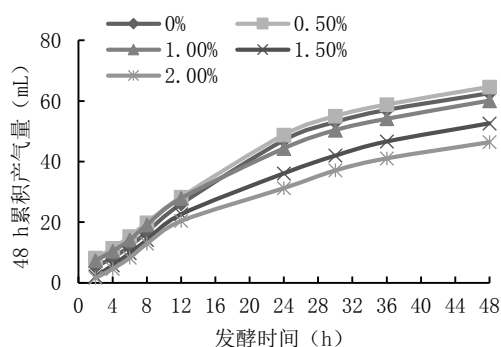


图3 返青期的累积产气量

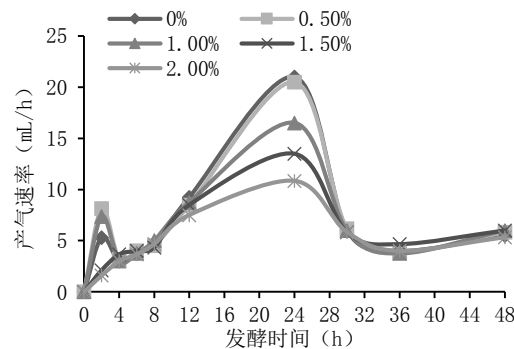


图4 返青期产气速率

2.1.3 不同大蒜素添加量对青草期(8月)牧草累积产气量及产气速率的影响

青草期牧草在20 h后的发酵同样随着大蒜素的添加减低了累积产气量,略不同的是添加水平1.0%和1.5%在30 h后累积产气量几乎相同,见图

5。大蒜素添加量低于1.5%的产气情况同枯草期和返青期,但1.5%和2.0%的大蒜素使青草期的产气模式改变,在12~24 h间,每个产气记录阶段维持恒定的产气速率,但要小于其他三组,之后速率减小,36 h后产气平稳,见图6。

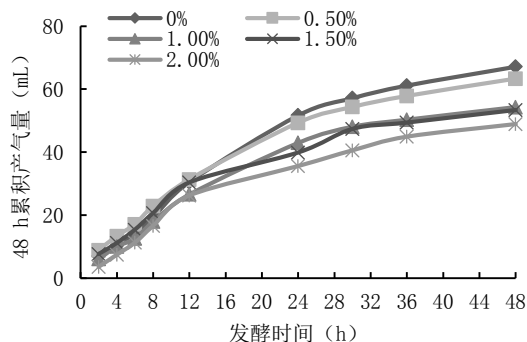


图5 青草期的累积产气量

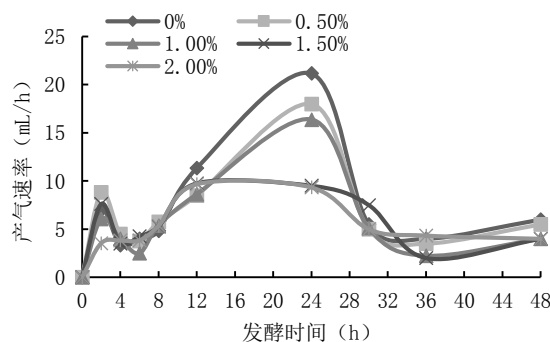


图6 青草期产气速率

2.1.4 不同大蒜素添加量对枯黄期(10月)牧草累积产气量及产气速率的影响

如图7,枯黄期牧草发酵累积产气量趋势同枯草期,但各组间差异量较小。如图8,枯草期牧草大蒜素添加量0、0.5%、1.0%时,产气均在2 h和

24 h出现峰值,但当添加量增加到1.5%和2.0%后在发酵的前8 h产气速率缓慢,从12 h开始产气加快,24 h达到峰值,之后回落,与同期其他添加水平组都在30 h后趋向产气平稳走势。

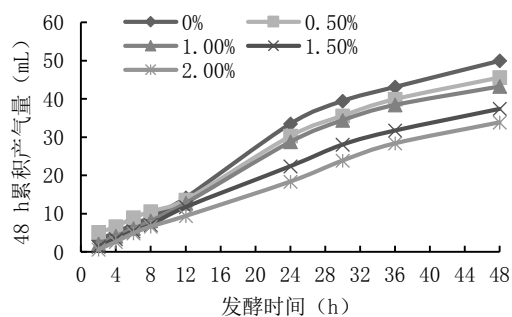


图7 枯黄期的累积产气量

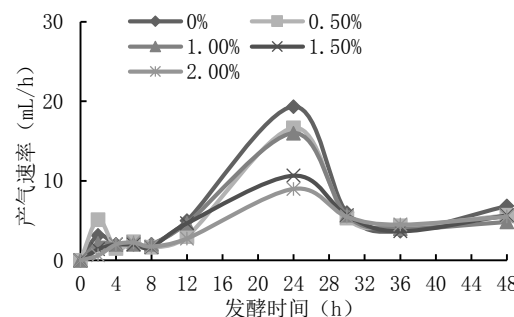


图8 枯黄期产气速率

2.2 不同大蒜素添加量的4期牧草体外发酵的甲烷产量

返青期和青草期牧草产甲烷量随大蒜素添加

量增加呈先减少后增加趋势明显,添加水平1.0%与未添加组相比差异均极显著($P < 0.01$)。枯草期牧草大蒜素1.5%和2.0%时产甲烷较少,较其

未添加组差异显著($P<0.05$)。枯黄期牧草的甲烷产量随大蒜素添加量增加一直呈减小趋势。对于5种不同的大蒜素添加水平,在大蒜素添加量0.5%时,各期牧草甲烷产量与同期未添加组差异均显著($P<0.05$),当为1.0%时,4期牧草发酵的甲烷产量均相对最少。见表2。

表2 4期牧草不同大蒜素添加水平的甲烷生成量 g/kg

	0	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%
枯草期	12.30±0.68a	3.75±0.87b	4.88±0.11b	4.12±0.34b	3.15±0.54b
返青期	14.82±1.17a	8.17±0.50b	3.84±0.40c	6.58±0.25b	8.17±0.37b
青草期	15.30±0.21a	7.29±1.48b	4.81±0.11c	8.17±0.99b	10.20±1.40a
枯黄期	9.57±1.10a	5.41±0.30b	3.44±0.39b	2.83±0.40b	3.19±0.64b

注:同行数据肩标不同字母表示差异显著($p<0.05$),相同字母表示差异不显著($p>0.05$)

2.3 4期牧草不同大蒜素添加量的体外发酵培养液各项发酵参数

如表3,大蒜素对pH值影响不显著($P>0.05$)。NH₃-N浓度随添加量加大先增大后减小,返青期0.5%组、枯黄期0.5%组和1.0%组增大显著($P<0.05$),枯草期1.5%和2.0%组减小显著($P<0.05$),返青期添加2.0%时减小极显著($P<0.01$)。大蒜

素1.0%以上组的SCFA显著减少($P<0.05$)。添加大蒜素组OMD下降,2.0%组下降显著其他组无显著变化外。添加大蒜素组ME下降,枯草期1.0%组就显著减小($P<0.05$)影响不显著($P>0.05$)。添加大蒜素组NEL减小,枯草期2.0%组显著($P<0.05$)。

表3 体外培养的发酵参数

	大蒜素 添加量(%)	pH值	NH ₃ -N (mg/100 mL)	SCFA (mmol/L)	OMD (%)	ME (MJ/kg)	NEL (MJ/kg)
枯草期	0	6.50±0.49a	13.29±2.59a	0.77±0.04a	47.13±1.14a	6.84±0.18a	3.79±0.13a
	0.5	6.31±0.35a	14.13±0.38a	0.73±0.06a	46.67±2.04a	6.44±0.32a	3.06±0.23a
	1.0	6.88±0.58a	14.07±2.23a	0.48±0.02b	40.36±0.24a	4.52±0.04b	2.48±0.03a
	1.5	7.27±0.10a	12.71±1.94b	0.39±0.08b	38.10±2.72a	4.23±0.42b	2.94±0.30a
	2.0	6.81±0.14a	11.86±0.69b	0.18±0.04b	29.95±1.15b	3.67±0.18b	1.97±0.13b
返青期	0	6.85±0.60a	17.32±1.26a	1.05±0.02a	59.98±0.24a	8.87±0.04a	5.21±0.03a
	0.5	6.34±0.50a	20.32±1.29b	1.08±0.04a	61.71±1.15a	8.80±0.18a	4.70±0.13a
	1.0	6.93±0.26a	18.59±0.74a	0.98±0.03a	61.80±0.69a	7.84±0.11a	4.81±0.08a
	1.5	7.11±0.41a	17.24±0.71a	0.72±0.03a	52.77±0.91a	6.54±0.15a	4.54±0.11a
	2.0	7.07±0.32a	15.68±2.36c	0.52±0.04b	44.62±1.05b	5.97±0.17a	3.58±0.12a
青草期	0	6.82±0.69a	14.09±2.52a	1.18±0.08a	64.61±2.72a	9.47±0.42a	5.65±0.30a
	0.5	6.45±0.36a	15.94±2.04a	1.09±0.04a	61.89±1.21a	8.73±0.19a	4.67±0.14a
	1.0	6.95±0.40a	16.59±1.36a	0.87±0.07a	56.82±2.61a	7.00±0.40a	4.23±0.29a
	1.5	7.10±0.23a	13.47±2.45a	0.78±0.06a	54.68±2.04a	6.73±0.32a	4.69±0.23a
	2.0	7.23±0.10a	13.85±3.05a	0.67±0.03a	50.22±0.70a	6.72±0.11a	4.12±0.08a
枯黄期	0	7.05±0.11a	11.28±1.40a	0.78±0.02a	47.68±0.53a	6.91±0.09a	3.84±0.07a
	0.5	6.57±0.24a	13.30±1.21b	0.79±0.03a	49.03±0.95a	6.77±0.15a	3.30±0.11a
	1.0	7.15±0.27a	14.57±2.24b	0.63±0.06a	46.79±2.10a	5.47±0.32a	3.15±0.23a
	1.5	6.91±0.13a	12.78±1.85a	0.42±0.06b	39.49±2.24a	4.42±0.35a	3.07±0.25a
	2.0	7.11±0.07a	12.27±1.69a	0.26±0.01b	33.44±0.01b	4.18±0.01a	2.33±0.01a

注:表中差异显著性为同期内同列间的比较。相同字母表示差异不显著($P>0.05$),相邻字母表示差异显著($P<0.05$),字母相隔表示差异极显著($P<0.01$)。NH₃-N浓度标准曲线: $y=0.0431x+0.0241(r=0.995)$,其中,y为吸光度值,x为NH₃-N浓度

3 讨 论

3.1 大蒜素对藏羊瘤胃液体外培养4期牧草发酵参数的影响

反刍动物瘤胃微生物对瘤胃 pH 值严格选择, pH 值影响着瘤胃微生物的生长、繁殖和代谢活性^[12], 瘤胃内微生物的种类分布及活性影响着饲料的降解率, 从而影响反刍动物对营养物质的利用率。瘤胃内饲料的发酵产物组成是造成 pH 值变动的主要因素。试验中添加大蒜素后瘤胃液 pH 值有增大趋势, 但变化不显著 ($P>0.05$) 且在正常变动范围 5.5 ~ 7.5 内^[13]。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 是饲料中的蛋白氮及非蛋白氮在瘤胃中降解的重要产物, 大部分会被瘤胃微生物利用合成微生物蛋白^[14]。本试验 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均在瘤胃最适范围 8.5 ~ 30 mg/100 mL 之内^[15]。各期试验中, 随大蒜素增多, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度先增加后下降, 因大蒜素能限制脱氢酶活性, 致使支链氨基酸的脱氨基作用受阻, 同时对一些瘤胃微生物活性造成影响, 导致代谢过程的脱氨基作用受抑制, 降低蛋白降解率^[16]。

3.2 大蒜素对瘤胃液 SCFA 含量、OMD、ME 和 NEL 的影响

SCFA 是瘤胃发酵碳水化合物的终产物, 可被动物直接吸收利用的能量物质, 主要指一些挥发性脂肪酸 (volatilize fat acid, VFA) 如乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸、戊酸和异戊酸等^[17]。添加大蒜素后 SCFA 含量降低, 并随添加量增加继续下降, 因大蒜素的杀菌作用会抑制或杀死部分纤维分解菌和其他瘤胃微生物, 从而阻碍碳水化合物的降解, 与 Busquet 等^[18]的结果一致。

随着大蒜素增多, OMD、ME 和 NEL 降低, 其杀菌性显著, 限制瘤胃微生物活性, 导致饲料发酵受阻。能量的供给量是动物生长潜力的关键, 因此大蒜素添加宜在 1.0% 以下。

3.3 大蒜素对累积产气量、产气速率及甲烷产量的影响

瘤胃发酵产气主要来自 OM 的降解, 包括 VFA、二氧化碳、氢气及甲烷等, 反映饲料的可发酵程度^[19]。因大蒜素的抑菌作用, 瘤胃发酵减弱, 总累积产气量减少。大蒜素添加量 1.0% 以下甲烷生成减少。Kamra 等^[20]指出大蒜素使瘤胃发酵以丙酸为主, 乙酸浓度显著下降 ($P<0.05$), 乙酸/丙酸比值下降, 但原虫的数量无变化, 是发酵模式改变导致氢分压减小使甲烷产量降低。

综上, 大蒜素以较低水平添加于藏羊日粮中能促进饲料的降解, 优化瘤胃发酵, 有效减少甲烷生成量, 提高饲料转化率, 发酵模式得到优化, 对瘤胃发酵参数不造成不利影响。

4 结 论

4.1 大蒜素降低了 4 期牧草体外发酵累积产气量, 甲烷产量也显著下降; 不影响发酵 pH 值; 大蒜素 0.5% ~ 1.0% 时促使 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度增大, 高于 1.0% 时减小; 大蒜素低于 1.0% 时, 对瘤胃 SCFA 含量无显著影响, 反之, 使 SCFA 含量下降; 大蒜素 2.0% 时, OMD 下降显著, 其余组无显著变化; 大蒜素对 ME 影响不显著 (除枯草期添加量 1.0% 及以上外); 对 NEL 影响不显著 (除枯草期添加 2.0% 外)。

4.2 大蒜素作为藏羊日粮甲烷抑制剂的适宜添加量为 0.5% ~ 1.0%。

参考文献:

- [1] 万伶俐, 于振斌, 张尔刚, 等. 抗生素添加剂替代产品的研究进展[J]. 吉林农业科学, 2008, 28(3): 39-42.
- [2] 胡永杰. 日粮中添加大蒜素饲喂秦川牛的效果试验[J]. 畜牧生产, 2003, 22(1): 34-35.
- [3] 蔡 娟. 大蒜素的生理作用和应用效果[J]. 饲料与畜牧, 2002(1): 25-27.
- [4] 陈丹丹, 屠 焰, 马 涛, 等. 大蒜素和茶皂素对肉羊气体代谢及甲烷排放的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2014(11): 57-61.
- [5] 刘 敏, 张志军, 米热古丽·伊马木, 等. 大蒜素对哈萨克羊瘤胃发酵的影响[J]. 中国草食动物, 2012(1): 22-25.
- [6] 秦旭旭. 体外产气法评价大蒜素抑制牦牛甲烷排放效果的研究[D]. 西宁: 青海大学, 2012.
- [7] 刘 敏. 大蒜素对绵羊瘤胃发酵、血清生化指标和对奶牛生产性能的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012.
- [8] Bodas R, García-González R, López S, et al. Screening the activity of plants and spices for decreasing ruminal methane production in vitro[J]. Journal Animal Feed Science Technology, 2008(147): 36-52.
- [9] Menke K H, Steingass H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid[J]. Animal Research and Development, 1988 (28): 47-55.
- [10] 冯宗慈, 高 民. 通过比色测定瘤胃液氨氮含量方法的改进[J]. 内蒙古畜牧科学, 1993(4): 40-41.
- [11] Makkar H P S. In vitro gas method for evaluation of feeds containing phytochemicals—a review[J]. Animal Feed Science and Technology, 2005, 123-124(1): 291-302.
- [12] NRC. Nutrient requirements of beef cattle(7th ed)[M]. Washington D. C.: National Academy Press, 1996: 85-97.
- [13] Yoon I K, Garrett J E, Cox D J. Effect of yeast culture supplementation to alfalfa-grass hay diet on microbial fermentation in continuous culture of rumen contents[J]. Animal Science, 1997 (75): 91-98.

(下转第 82 页)

- [14] Yang J P, He H, Lu Y H. Four flavonoid compounds from *Phyllostachys edulis* leaf extract retard the digestion of starch and its working mechanisms[J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(31): 7760-7770.
- [15] 陆柏益, 张 英, 吴晓琴. 竹叶黄酮的抗氧化性及其心脑血管药理活性研究进展[J]. *林产化学与工业*, 2005, 25(3): 120-124.
- [16] 王俊东, 刘宗平. 兽医临床诊断学(第二版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 218-235.
- [17] 志 博, 周雪宁, 葛世启, 等. 肾功检验结果互认研究及其相关分析[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2009, 30(16): 63-65.
- [18] 邹思湘. 动物生物化学(第四版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 233, 240-241, 357-362.
- [19] 叶有嫦, 梁婉萍, 朱 刚. 糖尿病患者血清钙、镁浓度测定的临床意义[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2010, 31(1): 34.
- (责任编辑: 范杰英)

(上接第 67 页)

- [9] 聂继云, 李志霞, 刘传德, 等. 苹果农药残留风险评估[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(18): 3655-3667.
- [10] 韩成福, 塔 娜. 内蒙古半农半牧区和农区羊肉质量安全保障体系建设研究[J]. *农业开发与装备*, 2014(5): 26-27.
- [11] 柴 磊, 王世山, 靳玉珠. 盐酸克伦特罗检测方法及其准确性保障措施[J]. *中国畜牧兽医文摘*, 2013, 29(8): 32-33.
- [12] 邱建琴, 左晓磊. 畜产品中莱克多巴胺残留的快速检测[J]. *畜牧兽医科技信息*, 2010(5): 31-33.
- [13] 马丽萍, 汪少敏, 姜 慎, 等. 利用食品安全指数法对地产蔬菜农药安全风险评估[J]. *中国卫生检验杂志*, 2014, 24(2): 247-249.
- [14] 兰珊珊, 林 涛, 林 昕, 等. 食品安全指数法评估西南地区食用菌中农药残留风险[J]. *江苏农业学报*, 2014, 30(1): 199-204.
- [15] 张大文, 王冬根, 胡丽芳, 等. 猪肉产品中四环素类药物残留风险评估[J]. *农产品质量与安全*, 2014(6): 34-37.
- [16] 叶 青, 马晓菁, 钟 旗, 等. 新疆哈萨克牧民定居点牛羊养殖环境与投入品及畜产品质量安全性评价[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(5): 1-6.
- [17] 钱永忠, 李 耘. 农产品质量安全风险评估-原理、方法和应用[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 74-174.
- (责任编辑: 范杰英)

(上接第 77 页)

- [14] Bandle S V, Gupta B N. Rumen fermentation, bacterial and total volatile fatty acid(TVFA) production rates in cattle fed on urea-molasses-mineral block licks supplement[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1997(124): 275-286.
- [15] 张德罡. 牦牛瘤胃液游离氨浓度、pH值和温度的变化动态[J]. *甘肃农业大学学报*, 1997, 32(1): 22-24.
- [16] Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo P W, et al. Invited Review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation[J]. *Journal of Dairy Science*, 2007(90): 2580-2595.
- [17] 李 旺. 瘤胃挥发性脂肪酸的作用及影响因素[J]. *中国畜牧杂志*, 2012, 48(7): 63-66.
- [18] Busquet, Calsamiglia M S, Ferret A, et al. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation[J]. *Journal of Dairy Science*, 2005(88): 4393-4404.
- [19] 哈斯花. 体外发酵产气技术在饲料营养价值评定中的作用[J]. *当代畜禽养殖业*, 2013(1): 15-19.
- [20] Kamra D N, Agarwal N, Chaudhary L C. Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary plant compounds[A]. *International longress series Elsevier[C]*. 2006: 226-229.
- (责任编辑: 范杰英)